نتایج به کارگیری نقشه‌برداری جریان ارزش در شرکت قطعات الکتریکی با استفاده از شبیه‌ساز ARENA در ایران

محسن الوندی[۱،*]، مالک طهوری[۲]، مسعود احمدزاده[۲]

[۱]دانشکده مدیریت، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

[۲]دانشکده مدیریت، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۰ اصلاحیه: مرداد ۱۳۹۰ پذیرش: بهمن ۱۳۹۰

چکیده

نقشه‌برداری جریان ارزش ابزاری است که برای بهبود کیفیت و پیاده‌سازی پایه و بنیان تولیدِ ناب بسیار مهم و اساسی می‌باشد. این تکنیک می‌تواند در واحدهای تولیدی، در سیستم‌های مدیریتی و کسب‌وکار به‌کار گرفته شود.این روش جهت دیداری ساختن جریان مواد در طی مراحل مختلف پردازش در کف کارگاه و همچنین مشخص‌کردن جریان اطلاعات به‌کار می‌رود. در این مقاله با استفاده از نمادها و تکنیک‌های نقشه‌کشی جریان ارزش در یک مطالعه موردی توسط نرم افزار شبیه ساز ARENA نتایج به کارگیری این تکنیک در یک واحد تولید قطعات الکتریکی ارائه می‌شود. نتایج این پژوهش بیانگر تأثیر به‌کارگیری این متدولوژی در بهبود شاخص‌های کلیدی تولید واحد صنعتی مورد مطالعه می‌باشد.

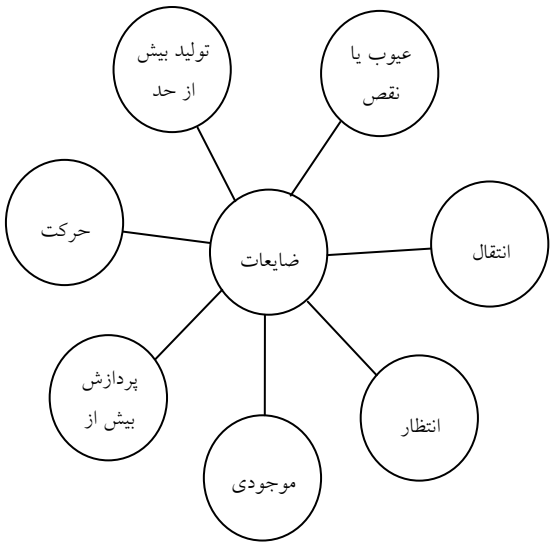
واژه‌های کلیدی: تولید ناب، نقشه‌برداری جریان ارزش، اتلاف

۱- مقدمه

سازمان‌های مختلف به منظور پاسخ به چالش‌های رقابتی، امروزه در پی پیاده‌سازی تولید ناب[۱] می‌باشند. کاربرد تکنیک‌های ناب در صنایع تولیدی و حتی خدماتی در نوشته‌ها و مقالات دیده می‌شود. تولید ناب از دیدگاه کارکردی و عملیاتی شامل پیاده سازی مجموعه‌ای از ابزارها و تکنیک‌هاست که درصدد کاهش ضایعات[۲] در شرکت و زنجیره عرضه متعلق به شرکت می‌باشد [۵و۷و۸و۱۰و۱۴].

این تکنیک برای مثال شامل کاهش زمان تنظیم[۳] ماشین‌آلات، کایزن[۴](بهبود مستمر)، شش سیگما[۵]، ابزارهای کنترل دیداری (5S)، کانبان[۶]، سیستم به موقع و نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه[۷] میباشد [۵و۱۵]. تولید ناب، ارتباطات متقابل و اثرات هم افزایی این فرآیندها و تکنیک‌ها را به منظور بهبود سطوح کلی بهره‌وری، افزایش کیفیت محصول،کاهش ضایعات، ادغام و ترکیب دپارتمان‌های عملیاتی و بهبود سطوح خودشکوفایی نیروی کار به‌کار می‌گیرد[۸].

داشتن فکر ناب، با مشتری و تعریف ارزش برای او شروع می‌شود. بنابراین فرآیند تولید وسیله‌ای برای تحویل ارزش (محصول یا خدمت) به مشتریان است و هر فعالیتی که سبب اختلال و کندی عمل این انتقال شود و ارزش افزوده‌ای برای مشتری ایجاد نکند ضایعه نامیده می‌شود و بایستی شرکت سعی کند تا آنجایی که ممکن است این موداها (در ژاپن به ضایعات، مودا گفته می‌شود) را حذف نماید. هفت نوع مودای اصلی وجود دارند که در شکل یک نشان داده شده‌اند.



شکل شماره (۱): انواع موداها [۱۴].

* Mohsenalvandi@yahoo.com

1-Lean manufacturing
2-Muda
3-setup
4-kaizen
5-Six sigma
6-kanban
7-TPM

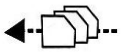
موداها را در سطح شرکت بـه کـوه هـای یخـی[8] و شـرکت را بـه کشـتی تشبیه می‌کنند. کوه‌های یخی فقـط قسـمت کـوچکی از آن قابـل دیـدن است و تقریباً ۰/۷۵ آن زیر آب قرار دارد و قابـل دیـدن نیسـت. بنـابراین کشتی بایستی خیلی مواظب باشد که به آن برخورد نکند زیرا در صـورت برخورد احتمال غرق‌شدن آن بسیار زیـاد اسـت. موداهـا نیـز در شـرکت چنین حالتی دارند. لذا در جهت قابل مشاهده کردن این موداها و حـذف آنها لازم است که شرکت به سمت استفاده از اصـول تولیـد نـاب حرکـت کند. یکی از ابزارهایی که می‌تواند در این زمینه بسیار مفید باشد استفاده از نقشه جریان ارزش (VSM) است که می‌تواند تا حد زیادی این موداها را در داخل شرکت نمایان سازد.

یک نقشه جریـان ارزش شـامل مجموعـه‌ای از فعالیـت‌هـای دارای ارزش افزوده و بـدون ارزش افـزوده در جهـت تولیـد یـک محصـول (یـا گـروه محصولات) است که از زمان ورود مواد خام شروع و تا زمانی که محصول به دست مشتری نهایی می‌رسد را در بر می‌گیرد[۱۲].این فعالیت‌هـا هـر دوی جریان اطلاعات و مواد در طی زنجیره عرضه کلی را شامل می شود. هـدف نهـایی در VSM،تعیـین تمـامی ضایعـات در جریـان ارزش و کوتاه‌کردن مراحل در جهت حذف این ضـایعات مـی‌باشـد[۱۲]. هرچنـد محققان، تعدادی از ابزارها را جهت بهینه‌سـازی عملیـات فـردی در طـی زنجیره تأمین[9] توسعه داده‌اند، اما اغلب این ابزارها در زمینه اتصال و قابل مشاهده‌کردن ماهیت جریان مواد و اطلاعات، در تمامی شرکت هـا دچـار مشکل می‌شوند. در حالی‌که نقطه عطف VSM کارکردن بر روی تصویری بزرگ از شرکت است و نه فرآیندهای انفرادی آن. VSMیک پایه رایـج و اصلی برای فرآیند تولید خلق می‌کند به نحـوی کـه تصـمیمات کلـی در زمینه بهبود جریان ارزش را تسهیل می‌کند[۹].

یکی از ابزارهای نسبتاً جدید برای پشتیبانی و حمایـت از مفـاهیم تولیـد ناب، نقشه‌برداری جریان ارزش می‌باشد [۶]. این ابزار بـرای داشـتن یـک نگاه جریان ارزشی، یعنـی کـارکردن روی یـک تصـویر کلـی و نـه صـرفاً فرآیندهای منفرد و بهبود کل و بهبود اجزا به‌کار می‌رود. این ابـزار بـرای ترسیم نقشه وضع موجود و سپس وضع مطلوب با بهبـود زمـان انتظـار و بهبود جریان کاری به‌کار گرفته می‌شود. مزیت اصلی این ابزار نسـبت بـه سایر ابزارهای نقشه‌کشی، توانایی آن در ترسیم همزمان جریان اطلاعات و جریان مواد در کنار یکدیگر می‌باشد. تمرکز VSM برروی جریـان ارزش محصول برای یک خانواده محصول خاص می‌باشد[۱۲]. در ترسیم نقشـه آینده (وضع مطلوب) هدف اصلی شـناخت موداهـا در فرآینـد اسـت کـه توسط این نقشه وضع مطلوب، برنامه پیاده‌سـازی طـرح کـه دربرگیرنـده کایزن نیز می‌باشد،شکل می‌گیرد[۴]. این مقاله در ابتدا به بیان نمادهـا و تکنیک‌های این روش می‌پردازد و سپس با انجام یک مطالعه موردی و بـا کمک نرم افزار ARENA نتایج به کارگیری VSM را در یک واحد تولید قطعات الکتریکی ارائه می‌نماید.

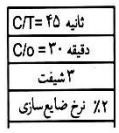
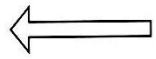
۲- نمادهای مورد استفاده در VSM

نمـادهای مـورد استفـاده از VSM در شـکل شـماره ۲ و ۳ و ۴ آورده شده‌اند. این نمادها به صورت استاندارد می‌باشند و توسـط آقایـان مایـک رادر[10] و جان شوک[11] در کتاب آموزش دیـدن معرفـی شـده‌انـد[۱]. هـر سـازمـان یا شرکت بـا توجه به شرایط خاص تولیدی یـا خـدماتی خـود می‌تواند از برخی از این نمادها استفاده نماید و حتی می‌تواند نمادهایی را به این مجموعه اضافه کند. به هر حال این نمادهای استاندارد به شرح زیر می‌باشند:

نمادهای حرکت اطلاعات	نشان‌دهنده	توضیحات
	توپ کشش مستقیم	دستور تولید بلافاصله یک میزان معین را صادر می‌کند. معمولاً به میزان یک واحد، یک سیستم کششی است که برای تولید زیرسازه‌ها به کار می‌رود، بدون استفاده از سوپر مارکت.
	صندوق یا محل نگهداری کانبان‌ها	مکانی که کانبان‌ها در آن جمع می‌شوند و برای ارسال نگهداری می‌گردند.
	ارسال دسته‌ای کانبان‌ها	
	هموار سازی بار	ابزاری برای نگهداری و هموارسازی مقدار و ترکیب کانبان‌ها برای یک دوره زمانی معین.
	زمان‌بندی برو ببین	تنظیم زمان‌بندی تولید بر اساس مشاهده سطح واقعی موجودی.
سایر نمادها		
	کایزن‌نما	در یک نقشه جریان ارزش، بهبودهایی را مشخص می‌کند که برای رسیدن به جریان ارزش مورد نظر، لازم هستند و از آنها برای برنامه‌ریزی کارگاه کایزن استفاده می‌شود.
	ذخیره محافظ یا ایمنی	باید محافظ یا ایمنی بودن ذخیره در زیر آن درج شود.
	اپراتور	فردی را نشان می‌دهد که از بالا به آن نگاه می‌شود.

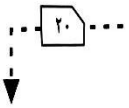
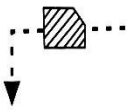
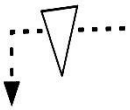
شکل شماره (۲): نمادهای مورد استفاده در نقشه‌برداری جریان ارزش

8-Ice berg
9-Suuply chain
10-Rother,m
11-Shook,j

نمادهای حرکت مواد	نشان‌دهنده	توضیحات
	فرآیند	جعبه فرآیند، نشان‌دهنده محدوده‌ای است که در آن محصول، در حرکت است (توقف ندارد). باید روی جعبه، نام هر فرآیند نوشته شود. البته برای واحدهایی همچون کنترل تولید نیز از همین نماد استفاده می‌شود.
	منابع بیرونی	برای نشان دادن مشتریان، تأمین‌کنندگان و تمام فرآیندهای تولیدی بیرونی از آن استفاده می‌شود.
	جدول داده‌ها	برای ثبت اطلاعات مربوط به هر فرآیند، سایر واحدها یا مشتری استفاده می‌شود.
	موجودی	باید مقدار موجودی و مدت زمان نگهداری آن در زیر نماد درج شود.
	ارسال با کامیون	دفعات ارسال روی آن درج شود.
	حرکت رانشی مواد تولید شده	مواد بدون توجه به نیاز فرآیند بعدی و بر اساس برنامه زمانی، تولید شده و به سمت فرآیند بعدی رانده می‌شود.
	حرکت محصول نهایی به سمت مشتری	
	سوپر مارکت	یک موجودی کنترل شده از قطعات که برای زمان‌بندی تولید فرآیند بالای جریان از آن استفاده می‌شود.
	دریافت کششی	کشش مواد، معمولاً از یک سوپرمارکت.
	ارسال مقدار کنترل شده مواد در بین فرآیندها بر اساس روش اولین صادره از اولین وارده	نشان‌دهنده یک روش برای کنترل مقدار مواد و اطمینان از حرکت FIFO آنها در بین فرآیندها. باید حتماً حداکثر موجودی در آن نوشته شود.

نمادهای حرکت اطلاعات	نشان‌دهنده	توضیحات
	حرکت دستی اطلاعات	برای نمونه، زمان‌بندی تولید یا ارسال.
	حرکت الکترونیک اطلاعات	برای نمونه از طریق کامپیوتر.
	اطلاعات	یک حرکت اطلاعات را نشان می‌دهد.

شکل شماره (۳): ادامه نمادهای مورد استفاده در نقشه‌برداری جریان ارزش

نمادهای حرکت مواد	نشان‌دهنده	توضیحات
	اطلاعات	یک حرکت اطلاعات را نشان می‌دهد.
	کانبان تولید (خطوط نقطه چین نشان دهنده مسیر حرکت کانبان است)	نشان دهنده یک کانبان برای هر کانتینر است. کانبان، کارت یا هر ابزاری است که به یک فرآیند می‌گوید باید چه چیزی را به چه مقدار تولید کند و به فرآیند اجازه می‌دهد که آن را تولید کند.
	کانبان برداشت	کارت یا ابزاری که به مسئول حمل مواد دستور می‌دهد که قطعات را دریافت و حمل کند (مثلاً از سوپرمارکت برای فرآیند مصرف‌کننده).
	کانبان سیگنالی	یک کانبان به ازای هر دسته است که علامت می‌دهد کی مواد به نقطه سفارش مجدد رسیده و باید دسته بعدی تولید شود. وقتی از این کانبان استفاده می‌شود که فرآیند تأمین‌کننده به دلیل نیاز به تبدیل، باید دسته‌ای تولید کند.

شکل شماره (۴): ادامه نمادهای مورد استفاده در نقشه‌برداری جریان ارزش

۳-مطالعه موردی و متدولوژی VSM

مؤسسین شرکت توان ره صنعت از سال ۱۳۵۵ به طور مستمر و متمرکز در زمینه بازرگانی وسائل برقی صنعتی فعالیت داشته و در سال ۱۳۷۳ به منظور حذف کلید گردان از الگوی واردات و خودکفایی کشور که سالیان متمادی واردات و نمایندگی فروش آن را به‌عهده داشتند، تصمیم گرفتند تولید آن‌را انجام دهند و بلافاصله پس از یک دوره سه ساله که صرفاً به مونتاژ قطعات وارده می‌پرداخت، نسبت به تولید قطعات اقدام نمود. شرکت با برخورداری از تجارب مفید و همکاری‌های فنی شرکت خارجی توانسته است اکنون کلیه قطعات کلید گردان ها، از ۱۲ الی ۶۳۰ آمپر را درداخل ایران در بالاترین کیفیت تولید نماید.

با استفاده‌از نمادهای نشان داده‌شده در شکل ۲ و ۳ برای رسیدن به بهبود در جریان ارزش محصولات گام‌های زیر در شرکت توان ره صنعت بکار گرفته شد که نتایج آن را در بخش وضع موجود و مطلوب می‌توان ملاحظه کرد:

الف) ترسیم نقشه وضع موجود فرآیندها و یا سیستم تولیدی

ب) تصمیم‌گیری در مورد این‌که چگونه سیستم موجود را می‌بایستی بهبود داد.

ج) ترسیم نقشه وضع مطلوب با در نظر گرفتن تغییرات تعریف‌شده در بند فوق

د) برنامه‌ریزی جهت انجام تغییرات مورد نیاز و اقدام به تغییر با استفاده از فنون کنترل پروژه[۱۱].

برای آغاز بهتر است که بر یک خانواده محصول معین متمرکز شد. همیشه باید به‌یاد داشت که مشتری به محصول مورد نظر خودش اهمیت می‌دهد نه به کل محصولات تولیدی کمپانی[۵]. بنابراین نقشه‌برداری جریان ارزش یعنی مشاهده و ترسیم گام‌های پردازش‌گر برای یک خانواده محصول از هنگام ورود به کارخانه تا زمان خروج از کارخانه که محصول به دست مشتری می‌رسد. گام نخست ترسیم نقشه وضع موجود می‌باشد که با جمع‌آوری اطلاعات از کف کارگاه آغاز می‌گردد.هنگامی که نقشه وضع موجود ترسیم می‌گردد باید از سطح فرآیند به فرآیند فقط در یک کارخانه از کمپانی کار را آغاز نمود. بعد از ترسیم نقشه در این سطح می‌توان به مراحل جلوتر تمرکز و نقشه را در سطح هر فرآیند ترسیم کرد و یا به عقب رفته و نقشه را در سطح چندین کارخانه و یا حتی چندین شرکت ترسیم نمود.

برای آغاز ترسیم ابتدا مشتری (ها) مشخص می‌شود و در قسمت بالای سمت راست کاغذ به همراه داده‌های مورد نیاز در ارتباط با او ترسیم می‌گردد. سپس فرآیندها مشخص و حرکت مواد از چپ به راست در نیمه پایینی نقشه بر اساس توالی گام‌های پردازش‌گر ترسیم می‌شود و داده‌های مربوطه مانند زمان چرخه[۱۲]، زمان تبدیل[۱۳]، زمان کار و سایر اطلاعات مورد نیاز از کف کارگاه جمع‌آوری می‌گردند. همواره باید به یاد داشت که تفکیک‌کننده فرآیندها از یکدیگر در ترسیم نقشه، انبار می‌باشد. یعنی جایی که بین دو فرآیند انبار موقتی ایجاد نمی‌شود، فرآیندها به صورت یکپارچه (یک فرآیند) ترسیم می‌گردند.

حال تأمین‌کننده (گان) فرآیند مشخص و در قسمت سمت چپ بالای کاغذ به همراه اطلاعات مربوطه ترسیم می‌گردد. سپس جریان اطلاعات در نیمه بالایی نقشه به صورت پس‌روانه[۱۴] از مشتری به کارخانه و سپس تأمین‌کننده (گان) ترسیم می‌گردد. با تکمیل شدن نقشه وضع موجود می‌توان درک کرد که فرآیندها چگونه و چه چیزی را در چه زمانی برای فرآیند مشتری تولید نمایند. حال می‌توان به این نکته پی برد که در شرکت، در وضع موجود، جابجایی مواد تحت رانش[۱۵] تولیدکننده صورت می‌گیرد نه کشش مشتری[۱۶] که این امر باعث ایجاد انبار، تولید دسته‌ای، جلوگیری از حرکت هموار تولید و در کل فاصله‌گرفتن از تولید ناب می‌شود.

در مرحله آخر از طراحی نقشه وضع موجود با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده خط زمان در پایین‌ترین قسمت کاغذ ترسیم می‌گردد. زمان باقی‌ماندن قطعات در انبار از طریق تقسیم تعداد قطعات مشاهده شده در انبار بر تقاضای روزانه مشتری به دست می‌آید.

اکنون نقشه وضع موجود را می‌توان ترسیم کرد.

۳-۱ طراحی نقشه وضع موجود

برای آغاز کار اطلاعات لازم از کف کارگاه جمع‌آوری شد و نقشه وضع موجود طراحی گردید.بدین‌منظور فرآیند تولید محصول کلید گردان برق در نظر گرفته شد که میانگین تقاضای ماهیانه آن ۲۸۰۰ واحد می‌باشد.

همان‌طور که در سمت چپ نقشه وضع موجود در شکل مشاهده می‌شود، تأمین‌کنندگان، مواد اولیه را هر ۲۰ روز به انبار شرکت توان ره صنعت ارسال می‌نماید تا به تدریج مورد استفاده قرار گیرند. سپس قطعات مس و برنج به قسمت پرسکاری با ۲ اپراتور که زمان چرخه آن ۱۴۸ ثانیه است فرستاده می‌شود.

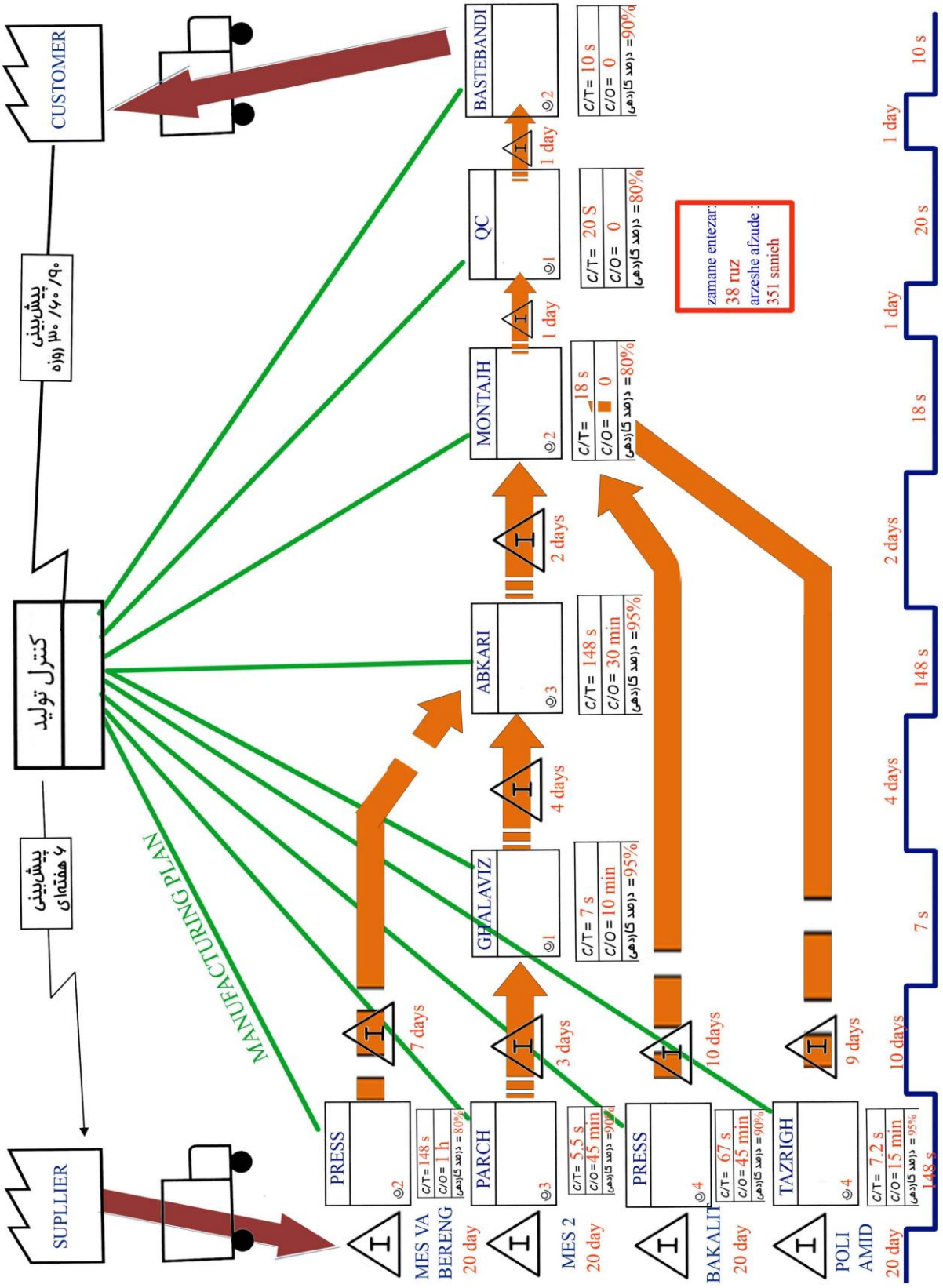
همان‌گونه که مشخص است سایر مواد اولیه مانند مس، باکالیت و پلی‌آمید نیز به واحدهای مربوطه فرستاده می‌شوند و در آنجا پردازش می‌گردند که زمان چرخه، زمان تبدیل و تعداد اپراتورهای مربوط به هر فرآیند در جداول زیر آن فرآیندها آورده شده است.

پس از پردازش، این قطعات در انتظار می‌مانند تا به پروسه بعدی فرستاده شوند. مس پرچ‌شده همراه با مس و برنج پرس‌شده به واحد آبکاری با ۳ اپراتور و ۱۴۸ ثانیه زمان چرخه فرستاده می‌شود و سپس خروجی واحد آبکاری با پلی‌آمید تزریق‌شده و باکالیت پرس‌شده با ۲ روز انتظار به واحد مونتاژ رفته و در مدت زمان ۱۸ ثانیه توسط ۲ اپراتور مونتاژ می‌گردند.

محصولات تکمیل‌شده پس از کنترل کیفیت به مرحله بسته‌بندی فرستاده شده و برای مشتری ارسال می‌گردند.همان طور که در نیمه بالایی نقشه شکل ۵ ترسیم گردیده است تقاضای مشتری به صورت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه توسط واحد کنترل تولید پیش‌بینی می‌گردد و بر اساس این میزان تقاضا سفارش‌های مورد نیاز برای تأمین‌کنندگان ارسال می‌گردد. در پایین نقشه نیز خط زمانی ترسیم شده که زمان انتظار و پردازش بر روی آن آورده شده است. در قسمت پایین و چپ نقشه در کادر مستطیل شکل نتیجه نقشه وضع موجود آورده شده است که مشخصاً، زمان انتظار ۳۸ روز و زمان پردازش با ارزش افزوده ۳۵۱ ثانیه می‌باشد. تعداد اپراتورهای مورد نیاز برای انجام فرآیندها نیز از نقشه وضع موجود قابل محاسبه است که این تعداد برابر با ۳۲ می‌باشد.

با ترسیم نقشه وضع موجود مشخص شد که در شرکت توان ره صنعت جابجایی مواد تحت رانش تولیدکننده صورت می‌گیرد، نه تحت کشش مشتری، زیرابر اساس زمان‌بندی که بر تخمین نیازهای آتی فرآیند بعدی مبتنی است. در چنین شرایطی فرآیندهای تأمین‌کننده غالباً قطعاتی را می‌سازند که فرآیندهای مشتری در حال حاضر به آنها نیازی ندارند و این قطعات باید انبار شوند که این انبارکردن مفهوم مودا می‌باشد. با توجه به نقشه وضع موجود در شکل ۵می‌توان به طور مشخص حرکت فیزیکی محصول را در نیمه پایینی نقشه از چپ به راست و حرکت اطلاعات را در نیمه بالایی از راست به چپ مشاهده نمود. اطلاعات خلاصه شده در یک خط زمان در پایین نقشه آمده است که خلاصه‌ای از نقشه وضع موجود می باشد.

12-C/T
13-C/O
14-Backward
15-Push production
16-Pull production



شکل شماره (۵): نقشه جریان ارزش وضع موجود

برای بهبود و حرکت در جهت تولید ناب و طراحی نقشه وضع مطلوب به موارد زیر توجه نمود :

- در تولید ناب تمامی تلاش بر این است که کاری کنیم تا هر فرآیندی فقط چیزی را بسازد که فرآیند بعدی بدان نیاز دارد بدین‌خاطر از زمان تکت استفاده می‌شود و تولید در این زمان انجام می‌پذیرد."زمان تکت عبارت است از زمانِ کاریِ موجود برای هر شیفت تقسیم بر میزان تقاضای مشتری از هر شیفت کاری"
- در هرجا که ممکن باشد می‌بایست در فرآیندها جریان مستمر ایجاد نمود.
- برای کنترل تولید در آنجا که جریان مستمر، جریان بالا را در بر نمی‌گیرد از سوپرمارکت‌ها یا مسیر FIFO (با استفاده از کانبان) استفاده نمود.
- برنامه مشتری را باید به فرآیند سرعت‌ساز (پایین‌ترین و نزدیکترین فرآیند مستمر نزدیک به مشتری) داد تا برنامه تولید به صورت کششی به سایر فرآیندها منتقل شود و نه فشاری.
- تولید کالاهای مختلف را باید از نظر زمانی به‌طور یکسان در فرآیند سرعت‌ساز توزیع نمود که برای این کار می‌توان از استراتژی XOXO (در اینجا یک در میان) استفاده نمود. این کار به معنی توزیع تولید اجناس مختلف به صورت یکسان در بعد زمانی است.
- در فرآیند سرعت ساز می‌بایستی مقادیر کم و ثابتی از کار را خالی و برداشت کرد تا اولین حلقه کشش به‌وجود آید. برای این کار می‌توان از جعبه هموارسازی بار استفاده نمود.
- با کاهش زمان تبدیل و راه‌اندازی دسته‌های کوچک‌تر در فرآیندهای بالاتر، باید این استعداد و توانایی را پرورش داد که هر قطعه‌ای را هر روز، سپس در هر شیفت و آنگاه در هر ساعت و یا هر پالت و هر گام، در فرآیند تولیدی جریان بالای سرعت‌ساز ساخت [۵].

با استفاده از این هفت نکته، تغییرات مورد نیاز در فرآیندها جهت حرکت به سمت تولید ناب در نظر گرفته شده و نقشه وضع مطلوب ترسیم می‌گردد.

۳-۲ *ترسیم نقشه وضع مطلوب*

مبنای تولید ناب تولید در زمان ناب می باشدکه عبارت است از زمان در دسترس ماهیانه تقسیم بر تعداد محصول مورد نیاز در ماه. در این مطالعه با استفاده از زمان تکت ۲۶۰ ثانیه که حاصل تقسیم زمان در دسترس (۲۵ روز کاری ۸ ساعته) بر تقاضای ماهیانه ۲۸۰۰ واحد می‌باشد به طراحی سلول‌های کاری پرداخته شده و نقشه وضع مطلوب زیر (شکل ۶) به‌دست آمده است.همان‌گونه که در نقشه وضع مطلوب شکل ۶ مشاهده می‌شود پیش‌بینی تقاضا توسط کنترل تولید انجام شده و پیش‌بینی ۶ هفته‌ای برای تأمین‌کنندگان فرستاده می‌شود. تأمین‌کننده نیز به صورت هفتگی مواد را برای شرکت ارسال نموده و این مواد در سوپرمارکت‌ها قرار می‌گیرند.

چیدمان واحدهای تولیدی، سلولی شده و یک سلول شامل پرس، سلول دیگر شامل پرچ، آبکاری و قلاویزکاری. سلول بعدی شامل مونتاژ، کنترل کیفیت و بسته‌بندی است. مواد مورد نیاز توسط کارت‌های کانبان برداشت می‌شوند که کارت‌های برداشت‌شده جهت جایگزینی مواد به مرحله قبل فرستاده می‌شوند تا تولید به میزان برداشت‌شده صورت پذیرد و این روال به سمت ابتدای پروسه‌ها ادامه می‌یابد، یعنی هر سلول مواد را از سوپر مارکت برداشت می‌نماید و کارت کانبان آن را به مرحله قبل فرستاده تا تولید به میزان برداشت‌شده صورت پذیرد.

مواد ورودی تماماً از سوپرمارکت‌ها برداشت شده و پس از پردازش در سوپرمارکت بعدی قرار می‌گیرد. برنامه تولید توسط واحد کنترل تولید به آخرین سلول پیوسته یا همان فرآیند سرعت‌ساز فرستاده می‌شود. پس از مرحله نهایی مونتاژ مواد در سوپرمارکت نهایی به مدت حدوداً ۲ روز قرار گرفته و بر اساس تقاضای مشتری توسط یک اپراتور به واحد ارسال حمل می‌گردد. درخواست ارسال‌شده توسط مشتری از سوپرمارکت برداشت شده و کارت کانبان آن جهت جایگزینی محصول به مرحله قبل فرستاده می‌شود بنابراین تولید بر اساس نیاز مشتری صورت می‌پذیرد .

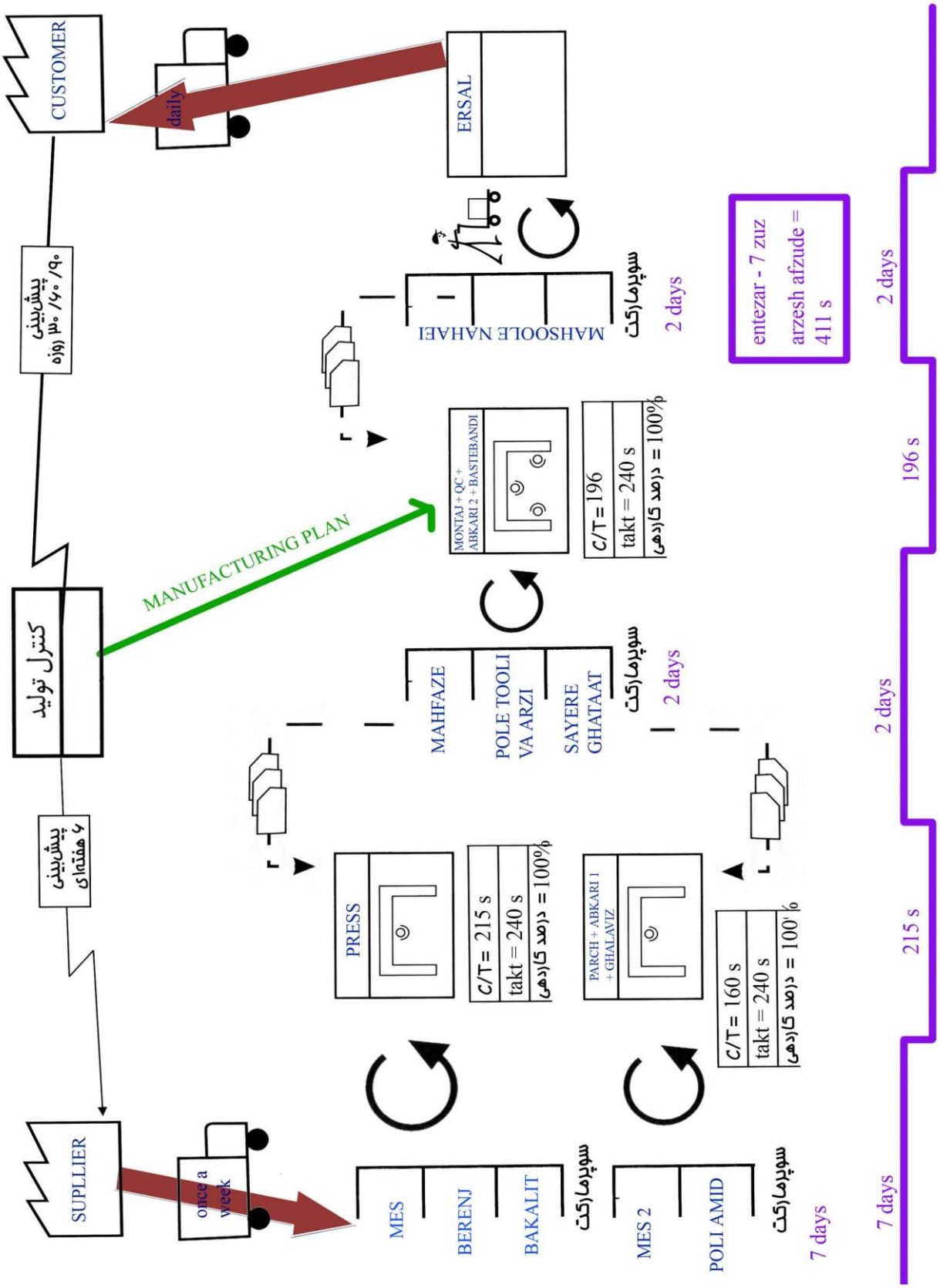
اطلاعات مربوط به فرآیندها در جداول زیرین هریک از آن‌ها آورده شده است. در خط زیرین نقشه نیز زمان‌های انتظار و ارزش افزوده آورده شده است : زمان انتظار :۷روز، زمان ارزش افزوده ۴۱۱ ثانیه و تعداد اپراتور ۸ نفر .

در نقشه وضع مطلوب قابل مشاهده است که با ترکیب برخی از واحدهای کاری و تبدیل آنها به سلول‌های کاری تعداد کارگر مورد نیاز و زمان انتظار به طور شایانی کاهش پیدا کرده است. در بهبود وضعیت موجود استفاده از کارت‌های کانبان تأثیر زیادی بر نحوه مدیریت جریان قطعات داشته و تولید هنگامی صورت می‌گیرد که به قطعه‌ای نیاز باشد یعنی انبار و تولید کاملاً تحت کنترل کانبان می‌باشد. سلول آخر نیز به عنوان فرآیند سرعت‌ساز در نظر گرفته شده است که این کار باعث تولید بر اساس تقاضای کشش مشتری می‌گردد نه تولید بر اساس فشار تولید کننده.

در ضمن مشاهده می‌گردد که جریان یک قطعه ای[17] نیز توسط پیاده‌سازی نقشه وضع مطلوب در شرکت ایجاد می‌گردد.

تنها نکته باقی مانده این است که برای بهبود تولید و افزایش قابلیت اطمینان می‌بایستی درصد کاردهی ماشین‌آلات تغییر یافته و از مقادیر وضع موجود به مقادیر وضع مطلوب افزایش پیدا کند که این مقادیر در نقشه وضع موجود و مطلوب (شکل ۶) مشخص می‌باشد.

17-One piece flow



شکل (۶): نقشه جریان ارزش وضع مطلوب

برای مقایسه وضع موجود و مطلوب بر اساس نقشه‌های جریان ارزش جدول شماره ۱ ارائه شده است. به‌طور خلاصه با توجه به جدول شماره ۱ می‌توان بیان کرد که نوع تولید از کششی به فشاری تغییر یافته است. تعداد اپراتور خط تولید ۱۴ نفر و زمان انتظار مواد در خط تولید نیز به میزان ۳۱ نفر کاهش یافته است. از نظر نوع تولید نیز در حالت مطلوب انبارهای موقتی و دائمی و تولید غیر سلولی حذف شده و سوپرمارکت‌ها و سلول‌های تولیدی جایگزین آنها می‌گردند. تولید از حالت دسته‌ای به حالت جریان بک قطعه‌ای تغییر یافته و ارسال محصولات به مشتری به جای ماهانه به صورت روزانه انجام می‌شود.

جدول شماره (۱): بررسی مقایسه‌ای وضع موجود و مطلوب با استفاده از نقشه‌های جریان ارزش

ویژگی	وضع موجود	وضع مطلوب
نوع تولید	فشاری	کششی
تعداد اپراتور	۲۲ نفر	۸ نفر
زمان ارزش افزوده	۳۵۱ ثانیه	۴۱۱ ثانیه
زمان انتظار	۳۸ روز	۷ روز
ارسال به مشتری	ماهانه	روزانه
نوع انبار	انبار های موقت و دائمی	سوپر مارکت
برنامه ریزی تولید	به تمام واحد های تولیدی	به واحد سرعت ساز
تولید	دائمی و بر اسا س برنامه کنترل تولید	بر اساس کارت های مانبان تولید
تولید	غیر سلولی	سلولی
جریان مواد	دسته ای	جریان یک قطعه ای

پس از طراحی نقشه وضع مطلوب، در جهت بهبود و پیاده‌سازی تغییرات مورد نیاز اقدام می‌گردد. بهترین حلقه برای شروع عملیات تغییر همان حلقه سرعت‌سازاست. برای کنترل و اجرای این تغییرات می‌توان از فنون برنامه‌ریزی و کنترل پروژه استفاده نمود[۱۴]. این مطالعه به طراحی وضع مطلوب محدود شده و برای نشان‌دادن کاربردی بودن آن، از نرم‌افزار شبیه‌ساز استفاده شده است.

۳-۳ *شبیه‌سازی وضع موجود و مطلوب به کمک نرم‌افزار شبیه‌ساز* ARENA

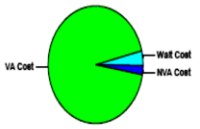
امروزه شبیه‌سازی، به خصوص شبیه‌سازی کامپیوتری به عنوان ابزاری مناسب برای بررسی سیستم‌های مختلف و انتخاب بهترین راه‌حل ممکن، به مدیران و کاربران یاری می‌رساند تا به دور از خطاهای ممکن و روش‌های دستی، بتوانند در رابطه با مشکلات و مسایل سیستم، تصمیمات درستی را اتخاذ نمایند. یکی از نرم‌افزارهای بسیار مفید در این زمینه نرم‌افزار آرنا (ARENA) است. این نرم‌افزار توسط شرکت ROCKWELL طراحی شده،که به کاربران قدرت شبیه‌سازی و مدل‌سازی فعالیت‌ها را مهیا می‌کند. این نرم‌افزار برای آنالیز تغییرات در زمینه طراحی مجدد سیستم‌های زنجیره مواد، ساخت و تولید، پشتیبانی، انبارداری و خدمات‌رسانی به وجود آمده است[۲و۳].

وضعیت موجود و مطلوب ترسیم شده توسط نرم‌افزار ARENA برای ۶ روز کاری ۸ ساعته شبیه‌سازی شده که بخشی از گزارش‌های بدست‌آمده توسط این نرم‌افزار در زیر آورده شده است.

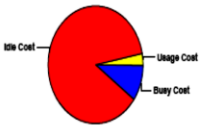
گزارش مربوط به وضع موجود به صورت شکل شماره ۷ و گزارش مربوط به وضع مطلوب نیز در شکل شماره ۸ ارائه گشته است.

Key Performance Indicators

All Entities	Average
Non-Value Added Cost	14,994
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	534,616
Wait Cost	23,650
Total Cost	573,259



All Resources	Average
Busy Cost	377,563 *
Idle Cost	3,380,018
Usage Cost	133,640 *
Total Cost	3,891,221



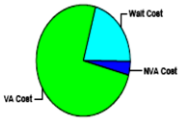
* these costs are included in Entity Costs above.

System	Average
Total Cost	3,953,277
Number Out	773

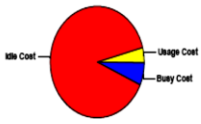
شکل شماره (۷): گزارش نرم‌افزار مربوط به وضع موجود

Key Performance Indicators

All Entities	Average
Non-Value Added Cost	14,972
Other Cost	0
Transfer Cost	0
Value Added Cost	294,697
Wait Cost	82,807
Total Cost	392,477



All Resources	Average
Busy Cost	166,718 *
Idle Cost	2,337,138
Usage Cost	116,780 *
Total Cost	2,620,637



* these costs are included in Entity Costs above.

System	Average
Total Cost	2,729,615
Number Out	696

شکل شماره (۸): گزارش نرم‌افزار مربوط به وضع مطلوب

برای مقایسه شاخص‌های اصلی عملکرد که در دو شکل قبل آورده شده است نیز جدولی ارائه گردیده (جدول ۲)که در ادامه آمده است.

در جدول شماره ۲ به راحتی مشاهده می‌گردد که کل هزینه‌های مربوط به عوامل اصلی تولید مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. در این جدول هزینه‌های وضع موجود و مطلوب و درصد بهبود این هزینه‌ها در وضع موجود نسبت به وضع مطلوب ارائه شده است. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های مواد، هزینه‌های نیروی انسانی، هزینه‌های منابع و هزینه‌های تولید هر واحد محصول می‌باشد که هرکدام نیز دارای زیر شاخه‌های مربوط به خود می‌باشند.

جدول شماره (۲): بررسی مقایسه‌ای گزارش‌های ارائه شده توسط نرم‌افزار ARENA

حالت / معیار	وضع موجود	وضع مطلوب	درصد بهبود[۱۸]
هزینه بدون ارزش افزوده مواد	۱۴۹۹۴	۱۴۹۷۲	٪۰/۱
هزینه ارزش افزوده مواد	۵۳۴۶۱۶	۲۹۴۶۹۷	٪۴۵
هزینه انتظار مواد	۲۳۶۵۰	۸۲۸۰۷	٪-۲۵۰
کل هزینه مواد	۵۷۳۲۵۹	۳۹۲۴۷۷	٪۳۱
هزینه کار دستگاه ها و نیروی انسانی	۳۷۷۵۶۳	۱۶۶۷۱۸	٪۵۵
هزینه بیکاری دستگاه ها و نیروی انسانی	۳۳۸۰۰۱۸	۲۳۳۷۱۳۸	٪۳۰
هزینه مصرف منابع	۱۲۳۶۴۰	۱۱۶۷۸۰	٪۵
کل هزینه منابع	۳۸۹۱۲۲۱	۲۶۲۰۶۳۷	٪۴۳
کل هزینه سیستم	۳۹۵۳۲۷۷	۲۷۲۹۶۱۵	٪۳۰
تعداد تولید در ۶ روز کاری ۸ ساعته **	۷۷۳	۶۹۶	--
هزینه هر واحد	۵۱۱۵	۳۹۲۰	٪۲۳

در جدول فوق مشخص شده که کل هزینه‌های سیستم کاهش یافته است، اما تنها نکته باقی‌مانده مربوط به این نکته است که هزینه انتظار مواد در خط تولید در وضع مطلوب نسبت به وضع موجود افزایش یافته است. هرچند این مشکل می‌تواند از طریق روش‌های کارسنجی و روش‌سنجی برطرف گردد، اما به دلیل کوچک‌بودن میزان این هزینه نسبت به سایر هزینه‌ها، ما در این مقاله از پرداختن به اصلاح آن صرف‌نظر نمودیم.

** مقدار تفاوت تولید ۷۷۳ و ۶۹۶ که برابر ۷۷ واحد می‌باشد برای۶روز کاری است که مقدار آن در تولید ۲۴ روزه ماهیانه برابر حدوداً ۳۰۰ واحد می‌شود. این مقدار همان مقدار تولید اضافی در سیستم سنتی است که در انبار باقی می‌ماند و باعث هزینه اضافی برای سازمان می‌گردد.

در کل نیز مشاهده می‌گردد که هزینه تولیدی هر قطعه نسبت به وضع موجود حدوداً ٪۲۳ کاهش یافته است.

۴- نتیجه‌گیری

هر سازمانی که محصولی برای فروش دارد، باید چرخه تبدیل‌شدن آینده به حال را اساس مدیریت هر روزه خود قرار دهد. در این مقاله، جنبه‌های فنی آفرینش یک جریان ارزش ناب در کانون توجه قرار گرفت. همانگونه که مشخص شد لازمه رقابتی‌شدن یک جریان ارزش حرکت به سمتی است که بتوان شرایط زیر را برای مشتری فراهم آورد: کوتاه‌ترین زمان انتظار، کمترین هزینه، بالاترین کیفیت و...

هرگاه برای یک مشتری محصولی وجود داشته باشد جریان ارزشی نیز وجود دارد. چالش واقعی همانا دیدن این جریان ارزش است. نقشه‌های جریان ارزش برای تمام کسب‌وکارها به یک شیوه واحد قابل ترسیم‌اند و می‌توان آن‌ها را آنقدر بالا و پایین نمود تا به اصطلاح از مولکول تا مشتری را در بر گیرند.

در این مطالعه موردی با به‌کارگیری نقشه‌برداری جریان ارزش به نتایجی دست یافتیم که مهم‌ترین آنها عبارتند از:

- کاهش هزینه کل مواد به میزان ٪۳۱
- کاهش هزینه منابع به میزان ٪۴۳
- کاهش کل هزینه سیستم به میزان ٪۳۰
- کاهش هزینه تولیدی هر واحد به میزان ٪۲۳

پیشنهادات ارائه‌شده به صنعت به صورت زیر می‌باشند: شرکت توان ره‌صنعت مملو از سفارش‌هایی است که خیلی زود به کارگاه می‌رسند اگر این شرکت به جای ارسال تعداد زیادی سفارش از کارت‌های کانبان و سوپرمارکت استفاده نماید و سفارشات را به فرآیند سرعت‌ساز بفرستد مدت زمان انتظار به صورت شایانی کاهش پیدا می‌کند. پیرو تغییرات مورد نیاز که در نقشه قابل ملاحظه می‌باشند مشتریان شرکت می‌توانند سفارش‌های خود را در زمان کوتاه‌تری اعلام دارند. تولید قطعات توسط سیستم‌های کششی قابل کنترل هستند. مواد اولیه نیز از سوپرمارکت‌ها برداشت می‌شوند. بدین ترتیب دیگر نیاز نیست کنترل تولید، دستور تولید سفارش‌ها را زودتر صادر کند تا MRP زودتر به سفارش‌دهی مواد اولیه اقدام نماید. این موارد چیزی نیست جز حرکت در جهت حذف انواع موداها.

۵ -ضمائم

۵-۱شبیه‌سازی و نرم‌افزار ARENA

اغلب اوقات مطالعه فیزیکی سیستم‌ها بسیار مشکل و هزینه‌بر است و یا حتی ناممکن می‌باشد. در این شرایط باید از یک مدل بدلی برای مطالعه سیستم استفاده کرد. در صورتی که مدل ساده باشد می‌توان برای حل مسئله از روش‌های تحلیلی استفاده کرد اما در صورتی که مسئله پیچیده باشد باید از شبیه‌سازی استفاده کرد. شبیه‌سازی در یک تعریف کلی مجموعه‌ای از روش‌ها و ابزارها برای مشابه‌سازی سیستم‌های واقعی می‌باشد که عموماً به وسیله رایانه و نرم‌افزار انجام می‌شود. به عبارت دیگر شبیه‌سازی عبارت است از طراحی مدل از سیستم و انجام آزمایش‌هایی

۱۸. به دلیل مسائل اطلاعاتی شرکت، کل هزینه‌ها در نرم افزار شبیه‌ساز در ضریبی ضرب گشته است تا اطلاعات هزینه‌ای واقعی نباشد، اما چون در ستون مربوط به درصد بهبود، این ضریب هم در صورت و هم در مخرج وجود دارد، مقادیر ارائه‌شده درصد بهبود واقعی را نشان می‌دهد.

بر روی مدل به منظور کسب شناخت از عملکرد سیستم و یا مقایسه عملکرد سیستم تحت شرایط مختلف.

ARENA بسته نرم‌افزاری برای شبیه‌سازی سیستم‌های گسسته پیشامد است که توسط شرکت Systems Modeling به بازار عرضه شده است.ARENA نرم‌افزاری کامل برای انجام مطالعات شبیه‌سازی است و تمام قدم‌های یک مطالعه شبیه‌سازی را پشتیبانی می‌کند. ARENA انعطاف‌پذیری زبان شبیه‌سازی Sima و قابلیت‌های مدل‌سازی شی‌گرا را همزمان ارایه می‌کند و در عین حال از آسانی کاربردی محیط Microsoft Windows استفاده می‌کند.ARENA برای انیمیشن و مدل‌سازی گرافیکی مسایل شبیه‌سازی بسیار مناسب است. این برنامه به کاربر اجازه می‌دهد که اشیاء مدل‌سازی به نام ماژول ایجاد کند که این ماژول‌ها سنگ‌بنای تهیه مدل هستند. تمام اجزا یک فرایند شامل منطق، داده، انیمیشن و جمع‌آوری آمار می‌توانند ماژول‌هایی برای مشخص‌کردن فرآیندی باشند که موجودیت‌ها از آنها می‌گذرند.

ARENA با ارایه الگوهایی امکان ساخت انیمیشن مناسب برای مسایل شبیه‌سازی را به سادگی فراهم می‌کند. الگوها دسته‌ای از ماژول‌ها می‌باشند که موجودیت‌ها، پردازش‌ها و واژگان نوع خاصی از مسایل را در بر می‌گیرند. در این نرم‌افزار الگوهایی برای مهندسی مجدد فرآیندهای تجاری، مراکز تلفن، ساخت و تولید با سرعت بالا، ساخت نیمه‌هادی‌ها و بسیاری کاربردهای دیگر به عنوان نمونه تهیه شده است. ARENA دارای یک تحلیل‌گر ورودی و یک تحلیل‌گر خروجی می‌باشد. کاربر می‌تواند با استفاده از تحلیل‌گر ورودی داده‌های خام را مشاهده کند. تحلیل‌گر خروجی نیز برای مشاهده و تجزیه و تحلیل داده‌های شبیه‌سازی می‌باشد. همچنین ARENA، ویژوال بیسیک شرکت مایکروسافت را پشتیبانی می‌کند و به کاربر اجازه می‌دهد تا از اطلاعات نرم‌افزارهای کاربردی دیگر مانند Excel استفاده کند یا خروجی‌های ARENA را به این نرم‌افزارها منتقل کند.

۶- منابع و مآخذ

[۱] مایک رادر، جان شوک (۱۳۸۵).**آموزش دیدن**، انتشارات آموزه، چاپ اول، ۱۳۸۵.

[2] ARENA HELP,ARENA SMART Files:Rockwell software

[3] Bo Terje Kalsaas (2002). VALUE STREAM MAPPING. AN ADEQUATE METHOD FOR GOING LEAN?, Department of Industrial Economics and Technology Management, Norwegian University of Technology and Science , NOFOMA the 14th international conference

[4] Brandon Lee(2001) . VALUE STREAM MAPPINGIE 780S – Lean Manufacturing –IMfgE at Wichita State University Paper1

[5] de Treville,S.,&Antonakis, J.(2006).Could lean production job design be intrinsically motivating? Contextual, configurational, and levels-of-analysis issues. Journal of Operations Management, 24(2), 99—123

[6] FawazA.Abdulmaleka, Jayant Rajgopalb(2007), Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study , international journal of production economics , volume: 107 , isuue(month):1(may) , pages : 223-236

[7] Hopp,W.J.,& Spearman,M.L.(2004).To pull or not to pull: What is the question? Manufacturing & Service Operations Management, 6(2), 133—148.

[8] Liker,J.K., & Meier, D. (2006). The Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps. New York: McGraw-Hill

[9] McDonald, T.,& Van Aken, E.M.,& Rentes, A.F. (2002). Utilizing simulation to enhance value stream mapping: a manufacturing case application , International Journal of Logistics: Research and Applications 5 (2), 213–232.

[10] Narasimhan,R.,Swink,M.,& Kim,S.W.(2006).Disentangling leanness and agility: An empirical investigation. Journal of Operations Management, 24(5), 440—457.

[11] Quarterm lee with Brad snyder . The strategos guide to value stream mapping & process mapping genesis of manufacturing strategy, ebook. www.strategosinc.com

[12] Rother, M.,& Shook, J., (1999). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda. The Lean Enterprise Institute, Inc., Brookline.

[13] Shah,R.,&Ward,P.T.(2003).Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. Journal of Operations Management, 21(2), 129—149.

[14] Tony Manos (2006), Value Stream Mapping—an Introduction , lean lessons , www.asq.org

[15] White,R.E.,& Prybutok,V.(2001).The relationship between JIT **practices and type of production system**. Omega, 29(2), 113.